Aus dem Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. Dr. W. Gieseler

Untersuchungen über die Hautfarbe des Menschen

Inaugural-Dissertation

ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
DER MEDIZIN
EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER EBERHARD-KARLS-UNIVERSITÄT
ZU TÜBINGEN

vorgelegt von

ERHARD MÜLLER
aus Freital bei Dresden

1969

Dekan: Professor Dr. med. LEMPECK

1. Berichterstatter: Prof. Dr. phil. EHRHARDT

2. Berichterstatter: Prof. Dr. phil. Dr. med. GIESELER

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Anthrop. Anz.	Jg. 31	3	153—180	Stuttgart, Januar 1969

Aus dem Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Tübingen
(Direktor: Professor Dr. Dr. Wilhelm Gieseler)

Untersuchungen über die Hautfarbe des Menschen

Erhard Müller

Mit 9 Abbildungen und 14 Tabellen im Text

Inhalt

Seite

I. Einleitung und Fragestellung 153
II. Überblick über die historischen Methoden zur Hautfarbenbestimmung . . 154
1. Visuelle Methoden mit Standardfarben und Kreiseln 154
2. Spektrometrische Methoden 156
III. Eigene Versuche 157
1. Das EEL-Gerät 157
2. Das ELREPHO-Gerät 160
3. Versuche mit dem Farbfilm 177
IV. Zusammenfassung 178
V. Literatur 179

I. Einleitung und Fragestellung

Die Hautfarbe des Menschen gehört ohne Zweifel zu den augenfälligsten Merkmalen bei der Unterscheidung großer Rassengruppen. Ein Blick auf Kunstwerke vorgeschichtlicher Epochen belehrt uns, daß dieses Hilfsmittel zur Charakterisierung eigener, fremder oder unterworfener Völker schon damals gebräuchlich war, und man geht wohl nicht fehl in der Annahme, daß seine Bedeutung noch in Zeiten zurückreicht, aus denen uns keinerlei farbige Urkunden zur Verfügung stehen.

Heute ist die menschliche Körperfarbe — hervorgerufen durch die organischen Farbstoffe Melanin, Melanoid, Hämoglobin, Oxyhämoglobin und Karotin — Gegenstand wissenschaftlicher Forschung, insbesondere der Anthropologie. Obgleich nun viele Jahrhunderte hindurch die Hautfarbe die Menschen beschäftigt hat, trotzt jene doch bis in unsere Zeit dem Bestreben, sie eindeutig zu erfassen und wiederzugeben. Daß ein Mensch 70 kg wiegt und 1,80 m hoch ist, begreift ein jeder, der etwas vom Wiegen und Messen gehört hat. Was aber bedeutet „braune" Hautfarbe?

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck, neben einem kurzen Überblick über historische Methoden einen Einblick in die bislang modernste und exakteste Hautfarbenmessung mit Hilfe der elektrischen Remissionsphotometrie zu geben.

II. Überblick über die historischen Methoden zur Hautfarbenbestimmung

1. Visuelle Methoden mit Standardfarben und Kreiseln[1])

Die Initiative zur Messung von Hautfarben ging von der Anthropologie aus, die naturgemäß ein großes Interesse an deren exakter Erfassung hegt.

Nachdem P. Topinard eine Einteilung der verschiedenen Rassen nach Farbtypen (von „schwarz" bis „weiß mit Sommersprossen") vorgenommen hatte, war P. Broca der erste, der eine Methode zur Messung entwickelte. Wie viele seiner Nachfolger bediente er sich des Vergleichs von empirisch zusammengestellten Standardtafeln mit dem Untersuchungsobjekt. Brocas Tafel, die zunächst weit verbreitet war, besaß 34 Felder, vom tiefsten negriden Schwarz bis zum Rosa der Europäerhaut.

Auf gleicher Empirie fußt auch die Tafel nach B. K. Schultz, mit der die Haut durch ein Loch im Farbfeld verglichen wird. Je nach rassischen Untersuchungsfeldern schufen die Forscher ihre Meßtafeln, so K. Ranke für südamerikanische Indianer, B. Hagen für Insulinde, F. & P. Sarasin für Ceylon und G. Fritsch für sechs verschiedene Rassen. Diese Reihe könnte noch beliebig fortgesetzt werden. Erwähnt sei nur noch die von mir zu Vergleichsmessungen herangezogene Tafel von R. R. Gates, die jüngeren Datums ist (1928)[2]). Diese zeigt neun Felder, welche die Hautfarbe von Mischlingen zwischen dunklen Indianern und Weißen wiedergeben sollen. Wer Kenntnis vom Bau der Haut besitzt, versteht leicht, daß ein Vergleich oberflächlich bemalter Pappen mit der vom Hintergrund her gefärbten Haut unzulässig ist. Das einfallende Licht nimmt in beiden Fällen einen anderen Weg. Bei den Kartons entscheiden allein die Oberflächen über den Anteil des zu reflektierenden oder zu resorbierenden Lichtes. (Sogenannte ideale weiße Körper reflektieren alles Licht und resorbieren nichts, ideale schwarze reflektieren nichts und absorbieren alles, bzw. weil sie sich so oder so verhalten, erscheinen sie uns schwarz oder weiß. Körper, die nur einen Teil des sichtbaren Spektrums resorbieren und den Rest — für unser Auge erkennbar — reflektieren, erscheinen bunt.)

Bei der Haut wird nur ein Teil an der Oberfläche reflektiert, der übrige gebrochen in die tieferen Schichten des Gewebes weitergeleitet und dort sowohl reflektiert als auch resorbiert. So bedeutet die Kartenfarbe lediglich Reflexion an der Oberfläche, während die Hautfarbe ein Reflexionsgemisch verschiedener Schichten darstellt. Um die Hautähnlichkeit zu erzeugen, schuf F. v. Luschan seine handliche Glasfluß-Tafel, die heute noch sehr verbreitet ist. Ihre Farben blassen nicht ab wie bei den Kartons. Dennoch teilen sie den Nachteil aller Standardtafeln: wechselt das Licht der Umgebung, so ändert sich auch das Untersuchungsergebnis, abgesehen von dem Mangel, daß Hautfarbenschwankungen, die durch den wechselnden Tonus der Gefäße hervorgerufen werden, unberücksichtigt bleiben müssen. Auch die Reproduzierbarkeit dieser Tafeln muß sehr in Frage gestellt werden.

Einen gewissen Fortschritt brachte die 50-Farbenskale von A. Basler, der einmal eine Standardbeleuchtung für seine Untersuchungen wählte (Azo-Osramlampe mit 150 Kerzen) und zum anderen durch die feststehenden Mischverhältnisse

[1]) Zum Teil zitiert nach A. M. Memmesheimer, 1937.

[2]) Diese Tafel erhielt ich von Prof. R. R. Gates persönlich durch Vermittlung von Frau Prof. Ehrhardt.

seiner Vergleichsfarben aus drei Grundfarben die Reproduktion gewährleistete. Zur Messung der Rötung — aber eben nur der Rötung — der Haut schuf J. Lewis eine Tafel durch Mischung aus hellroten und zyanotischen Bezirken. Sie hat nur für die Erythemforschung gewisse Bedeutung, weil das endogene Pigment unberücksichtigt bleibt (s. A. M. Memmesheimer (18)).

Ein wichtiger Schritt war die zahlenmäßige Definition der Farben überhaupt, eine wissenschaftliche Systematisierung. Um 1900 beginnt diese Arbeit durch die Amerikaner M. Bradley, H. Munsell und W. Ridgeway. Einige Jahre später und unabhängig davon betreibt in Deutschland W. Ostwald seine umfassenden Farbstudien. Von den genannten Amerikanern ist M. Bradley besonders wichtig. Er nahm sechs leicht reproduzierbare Spektralfarben als Grundtöne an: Rot, Gelb, Orange, Grün, Blau und Violett. Durch Anordnung als Sektoren eines Kreises erreichte er gemischte „Zwischenfarben". Mischte er nun wiederum diese sechs Farben, so erhielt er reine Farbtöne. Durch verschiedene Quantitäten von Weiß erhielt er daraus seine „Weißreihen". So konnte er jede beliebige Farbe herstellen und nach ihrem prozentualen Anteil von Weiß, Schwarz und Bunt genau bestimmen.

Einige Amerikaner wie Ch. B. Davenport, T. W. Todd, B. Blackwood und andere haben sich in der Folgezeit des Bradleyschen Farbkreisels bedient, um Vergleichsmessungen an der Haut auszuführen, deren Ergebnisse sie nach obiger Weise als prozentuale Anteile der einzelnen Sektoren niederlegten. Dieses Verfahren ist jedoch schwierig, denn es gehört einiges Geschick dazu, die Farben richtig zu mischen. Ferner kann der Kreisel nicht unmittelbar an die Haut angelegt werden; weder Umfeld noch Beleuchtung können berücksichtigt werden.

Wirklich durchgesetzt — auch in Amerika — hat sich nur die Systematik Ostwalds, wenngleich sie im Laufe der Zeit mancherlei Korrekturen hinnehmen mußte. Ostwald kennt zwei Farbgruppen: unbunt (schwarz, weiß, grau) und bunt. Durch Mischung von Schwarz und Weiß in logarithmischer Fortschreitung (nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz) schafft er die unbunte „Grauleiter". Die bunten Farben vereint er auf einem Kreis, bestehend aus acht sogenannten Hauptfarben („gelb, kress, rot, veil, u-blau, eisblau, seegrün, laubgrün"). Jede dieser Farben ist in drei Stufen angeordnet, was die „Vollfarben" ergibt. Diejenige Farbe, die im Kreis einer anderen gegenüberliegt, heißt Gegenfarbe, eine Mischung mit ihr ergibt Grau. Die Naturfarben sind hier durch ihren Anteil an Weiß, Schwarz und Bunt charakterisiert. Ostwald unterscheidet „trübe" (mit grau), „hellklare" (mit weiß) und „dunkelklare" Farben (mit schwarz). Durch Schaffung eines „Farbtongleichen Dreiecks" ist es möglich, Farben, deren Zusammensetzung bekannt ist, zu bestimmen. Auf diesem System fußen die Farbtafeln von Ostwald selbst und der Farbfächer von A. Hintze. Zwar ist hierbei der Übergang von der Empirie zu rekonstruktiven und gesetzmäßigen Farbfolgen vollzogen, jedoch fehlt für die Praxis der Hautfarbenmessung die notwendige Exaktheit. Der Vergleich mit dem Meßobjekt bleibt subjektiv, der Abhängigkeit von Licht, Umfeld und Oberflächenstruktur wird keinerlei Rechnung getragen.

Der Versuch, dem besten aller bisher genannten Verfahren, dem Farbkreisel nach Bradley, objektivere Ergebnisse abzufordern, führte durch R. Matthaei und A. M. Memmsheimer zur „Tübinger Methode". Hierbei wurden mittels eines

Doppelprismas Kreiselfarbe und Versuchsfeld unmittelbar nebeneinander betrachtet. Die verschiedenen Strukturen von Haut und Kreiseloberfläche wurden durch Vorschalten eines Lochschirmes berücksichtigt, der zugleich als Umfeld diente. Die Untersuchungen fanden bei Tageslicht statt. Daß diese Methode keine Verbreitung fand, liegt an der Schwierigkeit, mit der die Farbmischung verbunden ist.

2. Spektrometrische Methoden (ältere Messungen und Apparate)

Mit dem Aufkommen spektrophotometrischer Apparate ergaben sich auch für die Anthropologie neue Möglichkeiten. Solche Instrumente sind befähigt, Lichtstrahlen, die von einem Körper ausgehen oder zurückgeworfen werden — je nach Bauart nur im sichtbaren oder auch im unsichtbaren Bereich — zu registrieren. Bei Geräten, die mit dem ganzen Spektrum arbeiten, müssen die Strahlen durch engere oder weitere Spalten, die nach Bandbreiten charakterisiert werden, hindurchgehen. Geräte mit einzelnen Filtern, die jeweils ein Stück aus dem Gesamtspektrum heraus„picken", liefern eine „Verkürzte Spektrophotometrie". Das Erstrebenswerte bei beiden Arten ist eine möglichst geringe Bandbreite, entsprechend für den Filter eine geringe Halbwertsbreite. Je größer beide werden, desto schlechter arbeitet das Gerät, weil die jeweils untersuchten Teile des Spektrums zu groß werden. Die eingefangenen Strahlen werden von elektrischen Wandlern in Form von Photozellen oder Photoelementen aufgenommen. Dadurch wird ein Photostrom erzeugt, den das Meßgerät anzeigt — entweder nach dem Ausschlagverfahren oder nach dem komplizierteren und genaueren Kompensationsverfahren, wobei das Galvanometer als Nullinstrument verwendet wird.

Das Wesentliche an der Spektrophotometrie für uns ist, daß es sich um eine objektive Methode zur Untersuchung der Hautfarbe handelt, die das Auge als Meßorgan ablöst.

C. Dorno begann 1926 mit spektrophotometrischen Arbeiten, ihm folgten H. Sheard 1926—1929 und F. Bode 1934. (Einzelheiten siehe bei H. J. Heite (9).) Dorno fand mit seinem Gerät nur Melanin und Hämoglobin als Bestandteile der Hautfarbe. Spätere Modifikationen unter Hinzunahme von photographischer Registrierung durch W. Schultze (1926) oder die „Verkürzte Spektrophotometrie" von G. D. Williams (1933) blieben ohne Bedeutung. Als eigentliche Pioniere auf diesem Gebiete gelten denn auch die Amerikaner E. A. Edwards & S. Q. Duntley, die mit dem 1935 von A. C. Hardy entwickelten Spektrometer arbeiteten. Dieses Gerät registrierte den ganzen sichtbaren Spektralbereich und zeichnete die Kurven selbst auf. Das hatte den Vorteil der Kontinuität. Die Eichung erfolgte auf Magnesiumoxyd. Aus den erhaltenen Kurven stellten die beiden Forscher die Charakteristiken der Farben dar: Reinheit (diese entspricht unserem Begriff der Sättigung), dominante Wellenlänge (Farbton) und Helligkeit. Sie konnten sämtliche Komponenten der Hautfarbe auffinden, zum Teil untersuchten sie diese sogar in vitro, um den Kurvenverlauf der Einzelkomponenten darstellen zu können. Sie entdeckten, daß Frauen heller sind als Männer, daß sie mehr Karotin besitzen und daß schließlich für die Farben der einzelnen Rassen nur der Anteil an Melanin ausschlaggebend sei. Der Anlageplan für die verschiedenen Farbkomponenten ist für alle Menschen gleich.

Wie die Fülle der Ergebnisse von E. A. Edwards & S. Q. Duntley zeigt, ist das Hardy-Photometer ein für diese Zwecke brauchbares Gerät. (Diese Ergebnisse wurden in neuerer Zeit von J. W. Goldzieher und seinen Mitarbeitern bestätigt.) Es arbeitet nach einem Einzell-Flimmerverfahren, das heißt: es besitzt nur eine Photozelle, und der Abgleich erfolgt durch eine dauernde Strahlenunterbrechung vom Meßobjekt zu einem Vergleichsmedium. Daß es unseren Ansprüchen nicht mehr genügt, liegt vor allem an seiner großen Bandbreite. (Die Bandbreite entspricht der Halbwertsbreite bei den Filtern.)

1952 benützte G. W. Lasker (12) ein neues 3-Filtergerät, „Photoelectric Reflection Meter, Model 610" zur Hautfarbenmessung. Dieses transportable Gerät besteht aus einem Galvanometer und dem Meßkopf mit Lampe und Photozelle. Die drei auswechselbaren Filter haben ihren Schwerpunkt bei 420, 525 und 650 mμ bei einer Halbwertsbreite von 80 mμ. Lasker untersuchte Schulkinder in Mexiko und fand, daß die Eingeborenen am dunkelsten seien, etwas heller waren die in der Stadt geborenen Schulkinder und am hellsten die außerhalb geborenen. Technische Einzelheiten über dieses Gerät sind nicht angegeben. Jedoch ist der Durchlaßbereich der Filter sehr groß, und auch gegen Stromschwankungen soll das Gerät sehr empfindlich gewesen sein, weshalb Lasker den Anschluß an eine Batterie empfiehlt.

1949 arbeitete R. R. Gates (6) mit einem Gerät der International Printing Ink Company, Cambridge, Mass., das ähnlich dem vorhergehenden konstruiert war. Er stellte damit seine aus neun Fachquadraten bestehende Standardtafel her, über welche schon berichtet wurde (s. S. 154). Er ließ die Hautfarben von Mischlingen in Öl malen und sie spektrometrisch als Tintentafeln reproduzieren. Es sei hier erwähnt, daß Gates aufgrund dieser Tafeln seine 3-Gentheorie für die Entstehung der Hautfarben begründete.

III. Eigene Versuche

Meine Untersuchungen mit dem elektrischen Remissionsphotometer ELREPHO der Firma Zeiss in Oberkochen durchgeführt worden. Im Oktober 1960 wurde zum Vergleich ein ähnliches Gerät (EEL) der LONFRA-Gesellschaft in Frankfurt herangezogen. Sporadisch wurden Versuche mit der Farbphotographie gemacht. Ebenfalls zum Vergleich diente der Gebrauch von Farbtafeln nach R. R. Gates, F. v. Luschan und B. K. Schultz.

1. Das EEL-Gerät

a) Bau und Wirkungsweise

1951/1952 führte J. S. Weiner (27) ein neues englisches Gerät der Evans Electroselenium Company vor (EEL). Dieses hat gegenüber den vorher beschriebenen Geräten zweifellos mancherlei Vorteile: es ist leicht transportabel und handlich und vergleichsweise auch billig im Preis. Es besteht aus einem Galvanometer und einem etwa männerfaustgroßen Meßkopf, der mit seiner Öffnung überall leicht angelegt werden kann. Im Meßkopf ist eine 6-Watt-Lampe zur Beleuchtung der Haut untergebracht, außerdem ein drehbarer Filterrevolver mit neun Filtern.

Daneben befindet sich eine Sperrschicht/Selenphotozelle im Gerät, das nach dem Ausschlagverfahren arbeitet.

Der Strahlengang verläuft folgendermaßen: das Licht der 6-Watt-Lampe wird durch eine Linse gesammelt, durchläuft eine Hitzeabsorbenz in Form eines Glases, trifft in 45° auf die Haut, nachdem es einen der neun Filter passiert hat. Von hier wird es vertikal auf die Photozelle reflektiert. Die vom Galvanometer abgelesenen Werte ergeben eine verkürzte spektrometrische Kurve, die, mit echten spektrometrischen Kurven (des HARDY-Gerätes) verglichen, nach WEINER gute Übereinstimmung gezeigt hat.

Werden die neun Filter durch einen 3-stimulus-(Farbfilter) ersetzt, so kann man mit den gewonnenen Zahlen die folgenden Farbwerte berechnen: Helligkeit, Reinheit (Sättigung) und vorherrschende Wellenlänge (Farbton). WEINER machte seine Messungen an Indianern, N. A. BARNICOT (1) untersuchte im Jahre 1956 mit dem gleichen Gerät Bewohner von Nigeria, G. A. HARRISON & J. J. OWEN prüften das Verhältnis von Melaninkonzentration und -reflektion in vitro. Das Melanin extrahierten sie mit KOH aus menschlichen Haaren. E. C. BÜCHI (3) bearbeitete verschiedene Kasten in Bengalen.

b) Versuche mit dem EEL-Gerät

Durch die Freundlichkeit der LONFRA-Gesellschaft in Frankfurt a. M. hatte ich die Möglichkeit, das WEINERsche Gerät selbst auszuprobieren und eingehend seine Wirkungsweise im Verein mit dem ELREPHO zu studieren. Ein Vergleich beider Geräte ließ sich nicht herbeiführen, da dies die verschiedenen Filtereigenschaften und Beleuchtungsunterschiede nicht gestatten.

Zunächst seien die Vorteile bestätigt: das Gerät ist leicht, handlich und verhältnismäßig billig (ca. 800 DM). Aber schon seine Meßgeometrie (45/0) verrät, daß das Gerät sich für Hautfarbmessungen nicht eignet, da die Haut kein glattes, sondern ein hügeliges Relief besitzt. Es werden also durch den Lichteinfall von 45° Schatten erzeugt; das Areal kann nicht vollständig ausgeleuchtet werden. Das wäre jedoch nicht von Bedeutung, wären die Hautunregelmäßigkeiten gleicher Natur und hätten alle Geräte diese Meßgeometrie. Da dies aber nicht der Fall ist, liegt hierin schon ein augenfälliger Mangel. Es muß noch erwähnt werden, daß ein kleines, vorschaltbares Gazestück in dem Strahlengang kein echt diffuses Licht zu erzeugen vermag.

Der zweite wesentliche Nachteil liegt im Vorhandensein eines Selenium-Photoelementes, wie das jeder Belichtungsmesser aufzuweisen hat. Solche Zellen zeigen aber bekanntlich Ermüdungserscheinungen, und zwar einmal im Nachlassen über lange Zeit, gewissermaßen ein „Altern", und das viel wesentlichere Ermüden während einer einzelnen Messung. Letzteres ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß der Photostrom abhängig ist von der Beleuchtungsstärke und dem äußeren Widerstand. Die Beleuchtungsstärke ändert sich bei Spannungsschwankungen im Netz, und das Gerät hat keinen ausreichenden Schutz vor diesen Schwankungen. Der äußere Widerstand aber ist eine Funktion der Temperatur, die sich natürlich während der Messung durch die Beleuchtungsquelle ändert. Zwar ist ein Isolierglas in den Strahlengang geschaltet, dieses aber schützt nur die

Haut vor einem Wärmeerythem. Tatsächlich bestätigte sich dieses Gedankenmodell auch bei praktischen Versuchen.

Um sämtliche Fehler vom Meßobjekt her auszuschalten, gebrauchte ich zur Messung den MgO-Weiß-Standard sowie die Farbtafel von GATES und andere Papiertafeln. Die Messungen, die ich auf 10 Minuten ausdehnte, zeigten mit und ohne Filterwechsel übereinstimmend eine Wanderung des Galvanometerzeigers in den ersten 5 Minuten bis zu 3 % und 4 % Remission, im weiteren Verlauf hörte dann die Wanderung auf. Einmaliges Messen der gleichen Proben an ver-

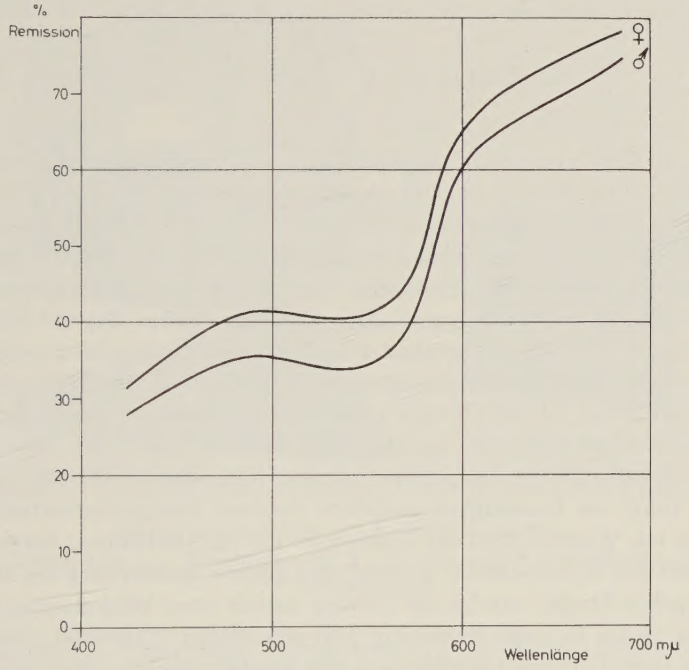

Abb. 1. Remission an der Stirn bei Untersuchungen mit dem EEL-Gerät.

schiedenen Tagen ergab ebenfalls Unterschiede, die fast regelmäßig über 1 % hinausgingen.

Ein weiterer Nachteil liegt in der Unsicherheit beim Anlegen des Meßkopfes an die Haut. Da dies nicht visuell kontrolliert werden kann, sind große Fehlermöglichkeiten gegeben. Die Einbeulung einer Standardprobe in die Meßöffnung um 1 mm ergibt Reflexionserhöhungen bis zu 5 %. Und wie leicht kann sich die weiche Haut in die Öffnung hineinsenken, wenn das Auge nicht kontrolliert!

Über die Filtereigenschaften haben wir keinerlei Einzelheiten in Erfahrung bringen können. Durchlaßverhältnisse im Prospekt und der niedrige Preis des Gerätes lassen aber mit Sicherheit darauf schließen, daß es sich um Filter mit relativ großen Halbwertsbreiten handelt, das heißt, ein dem Filter entsprechender Kurvenpunkt enthält noch eine Menge anderer Punkte des Spektrums, ist also ungenau. Da vor jedem Filter geeicht werden muß und auch das Galvanometer

wenig gedrosselt ist, so daß die Nadel einige Zeit um den Meßpunkt schwankt, ist das EEL auch verhältnismäßig zeitraubend.

Die Abb. 1 zeigt zwei mit dem EEL gewonnene Kurven, die die Remission an der Stirn von 35 Männern und 26 Frauen im Oktober wiedergeben. Die Art ihres Verlaufes hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den Kurven, die durch das ELREPHO-Gerät gewonnen wurden. Auch die geringere Remission der Männer gegenüber den Frauen kommt zum Ausdruck. Jedoch liegen die gesamten Werte viel höher als bei den adäquaten ELREPHO-Kurven. Aus den genannten Gründen können diese Kurven keinen Anspruch auf Exaktheit stellen. Auch die EEL-Werte von Arm und Hand lagen 5—20 % höher als die vom ELREPHO-Gerät.

2. Das ELREPHO-Gerät

a) Bau und Wirkungsweise

Das elektrische Remissionsphotometer (ELREPHO) der Firma Zeiss in Oberkochen arbeitet mit dem Vergleich der verschiedenen Helligkeiten der einzelnen Farben. Der Hauptbestandteil dieses Gerätes (s. Abb. 2), das aus einem Vorschaltgerät und dem eigentlichen Meßkopf besteht, ist die Ulbrichtsche Kugel, die durch ihren mattweißen Innenbelag das von zwei 40-Watt-Lampen gespendete Licht in diffuses Licht verwandelt. Die sensorischen Organe bilden zwei Photozellen, die in Differenz geschaltet sind. Eine solche Schaltung beider Zellen läßt das Gerät gegen zeitweilige Stromschwankungen unempfindlicher werden. Weiter enthält das ELREPHO auf einem schwenkbaren Revolver angeordnete, über das sichtbare Spektrum verteilte Filter (für 420, 460, 490, 530, 570, 620, 680 mμ). Durch eine Trockenpatrone, die mit hygroskopischem Salz gefüllt ist, wird das Gerät vor Feuchtigkeit geschützt. Stärkere Temperaturanstiege können durch eine mit Wasser betriebene Kühlwanne um die Meßöffnung herum vermieden werden. Ein Einblickfenster gestattet eine genaue Beobachtung der Meßprobe.

Vor jedem Meßakt erfolgt die Eichung mittels eines Milchglasstandards, der seinerseits wieder in fester Beziehung zum eigentlichen Eichmittel, dem Magnesiumoxyd, steht. Letzterem schreibt man eine hundertprozentige Remission zu. Vor diesem „optischen" Eichvorgang, der für jedes Filter obligat ist und durch „Nullabgleich" mit einem Graukeil (im Strahlengang des Apparates) vollzogen wird, steht eine kurze „elektrische" Eichung, da die Netzspannung immer etwas schwankt. Diese Eichungen stellen kurze Handgriffe dar und fallen zeitlich kaum ins Gewicht. Zudem ist es möglich, bei Benutzung sämtlicher 7 Filter — wie in unserem Falle — nur ein Filter zu eichen und die anderen entsprechend umzurechnen.

Nach dieser Vorbereitung wird die Meßprobe vor die Meßöffnung gebracht. Diese Öffnung hat einen Durchmesser von 25 mm. Ein Kontrollicht zeigt an, ob die Probe auch plan anliegt. Diffuses Licht der Ulbrichtschen Kugel fällt auf das Objekt, die remittierten Strahlen gehen durch Graukeil und Filter zu einer Photozelle. Gleichzeitig ist im Gerät ein Vergleichsstandard angebracht, der ebenfalls sein Licht durch ein zweites gleiches Filter zu der anderen Photozelle remittiert. Die entstehenden Photoströme weisen eine Differenz auf, die durch Drehung an einer Meßtrommel bestimmt wird, bis der Zeiger des Nullgerätes auf null steht.

An der Meßtrommel läßt sich sofort der prozentuale Remissionsgrad ablesen. Aus diesem Remissionsgrad lassen sich (durch Umrechnungsverfahren, die von der Firma Zeiss angegeben werden) X, Y und Z, die sogenannten „Farbwerte", errechnen, und aus ihnen wiederum Farbton, Sättigung und Helligkeit. Diese drei Qualitäten können dann, wie auch im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden wird, in einem „Farbraum" geometrisch zur Darstellung kommen. Aus einer Vielzahl von Raumsystemen (Koordinatensystem) hat sich heute das CIE-System international durchgesetzt. (CIE bedeutet: Anfangsbuchstaben der Internationalen Beleuch-

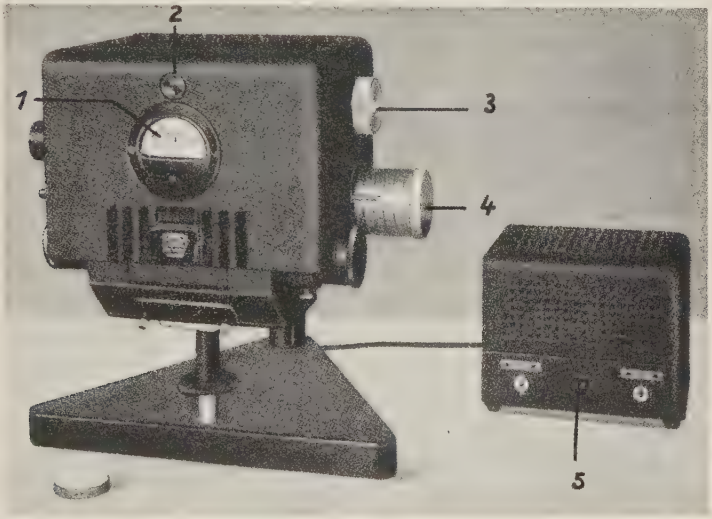

Abb. 2. Gesamtansicht des ELREPHO-Gerätes.
1 = Nullskala, 2 = Einblickfenster, 3 = Triebknopf, 4 = Meßtrommel,
5 = Vorschaltgerät.

tungskommission — Commission Internationale de l'Eclairage.) Somit lassen sich sämtliche Messungen mit dem ELREPHO auf dieser internationalen Ebene verständlich machen und diskutieren.

Anwendung fand dieses Gerät bisher vor allem in der Textil- und Papierindustrie. H. Tronnier, der sich bei der pharmazeutischen Firma Thomae unter anderem mit Lichtschutzmitteln für die menschliche Haut befaßt, ließ das ELREPHO zur Erythemmessung etwas abändern. Es wurde der Meßprobenhalter entfernt und ein Kunststoffring hergestellt, der das plane Anlegen der Meßstelle gewährleisten sollte.

b) Methodische Arbeit mit dem ELREPHO-Gerät

Das ELREPHO, das an einem Röntgenstativ befestigt werden kann, wurde bisher bei allen sonstigen Messungen (auch von Tronnier) mit nach unten zeigender Meßöffnung verwandt. Für die Hautfarbenmessung ergibt sich aus dieser Haltung ein recht umständliches Vorgehen, bis die richtige Stelle in der richtigen Weise eingestellt ist. Die Versuchsperson muß sich hinlegen; um Arm oder Bein

plan anlegen zu können, müssen Kissen untergeschoben werden. Bis alle diese Maßnahmen durchgeführt sind, läuft man Gefahr, daß die Eichung unterdessen nicht mehr stimmt. Aus diesen Gründen drehte ich das Gerät um 90° und konnte ihm so die Handlichkeit geben, die man von einer Apparatur für Reihenuntersuchungen fordern muß. Jetzt ist nur noch die Höhe am Röntgenstativ grob einzuregulieren. Das Objekt wird an die Meßöffnung gelegt, nicht — wie früher — die Öffnung an das Objekt.

Allerlei Vor- und Nebenversuche, deren Ergebnis nach und nach mit eingestreut werden sollen, erbrachten schließlich eine sehr brauchbare, zuverlässige und zeitsparende Methodik, das ELREPHO für die Hautfarbenmessung zu verwenden.

Zunächst wurde die Arbeitsweise des Gerätes geprüft, um sie in Übereinstimmung mit dem sehr kompliziert gebauten und reagierenden Organ der Haut zu bringen. Von ganz bedeutsamer Wichtigkeit sind die Erwärmungsverhältnisse

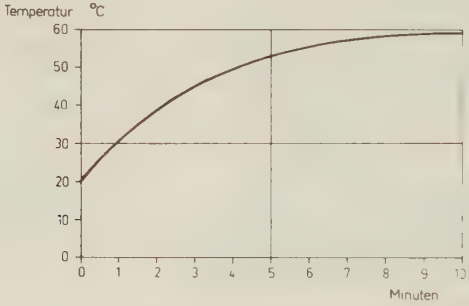

Abb. 3. Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Zeit.
Versuche mit der Ulbrichtschen Kugel des ELREPHO-Gerätes bei dauernder Beleuchtung.

innerhalb der Ulbrichtschen Kugel während des Meßvorganges. Wie erwähnt, reagiert unser Objekt auf größere Wärmestrahlung mit einem Wärmeerythem, einer Rötung also, welche das Meßergebnis ganz erheblich beeinträchtigen müßte. Den Temperaturverlauf innerhalb der Kugel veranschaulicht die Kurve der Abb. 3.

Da für die meisten Untersuchungen die Meßdauer für eine Hautstelle mit allen sieben Filtern die Zeit von einer Minute niemals überschritt, kamen Temperaturen von über 30° C, die auf die Haut einwirken können, nicht in Betracht. Dauern jedoch die Messungen ein und derselben Hautstelle längere Zeit, so ist, wie die Kurve zeigt, mit Temperaturen bis zu 60° C zu rechnen. Hier behütet auch die Wasserkühlung nicht vor einer Rötung. Ich bin zu dem Schluß gekommen, daß diese Kühlung mit Thermostat entbehrlich ist, und zwar aus folgenden Gründen: Der Belag der Kugelinnenfläche besteht aus weißem Pulver, d. h. die Wärmemenge, die von dem kleinen Kugelabschnitt, hinter dem sich die Kühlwanne befindet, absorbiert werden kann, muß sehr gering sein. Des weiteren ist bekannt, daß die Hauttemperatur an verschiedenen Stellen des Körpers ganz erhebliche Unterschiede aufweist. Versuche mit Wasserkühlung, die sich auf 8 Minuten Meßzeit ohne Unterbrechung bei den einzelnen Filtern erstreckten, zeigten

folgendes: zweimaliges Messen der Stirn hintereinander ergab keinen Unterschied; zweimaliges Messen der Innenseite des Oberarms unter gleichen Bedingungen zeigt dagegen im Erythembereich (490 mμ) eine Abnahme des Remissionsgrades um mehr als 4 %; auch die anderen Filterwerte zeigen deutliche Unterschiede. Bei solchen Ergebnissen ist es gar nicht wesentlich, anhand eines großen Personenkreises nachzuweisen, wieviele Individuen unter diesen Voraussetzungen derartige Differenzen aufzuzeigen haben. Die Tatsache, daß sie überhaupt auftreten können, ist Mahnung genug, auf Abhilfe zu sinnen. Die Wasserkühlung wird daraufhin weggelassen und statt dessen nur die vor der Meßöffnung liegende Meßblende betätigt.

Die Meßstellen. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden zunächst sieben Körperstellen geprüft:

1. Die Stirn oberhalb der Glabella. Diese Stelle eignet sich ganz vorzüglich für derartige Farbuntersuchungen, da sie zumeist schön glatt ist, nur unwesentlichen Haarwuchs besitzt und dauernd dem Licht ausgesetzt wird.

2. Beide Oberarme innen. Dies sind ebenfalls nahezu unbehaarte Hautareale, die im Gegensatz zur Stirn dauernd bedeckt sind. Messungen bei verschiedenen Personen an sechs verschiedenen Stellen des inneren Oberarmes ergaben übereinstimmend, daß sich für die Untersuchung das mittlere Drittel am besten eignet, weil in diesem Bezirk Schwankungen der einzelnen Filter 1 % Remission in der Regel nicht übersteigen. Ein höheres Anlegen ist technisch schwierig, bringt aber auch keine Änderung der Ergebnisse. Es ist jedoch in allen Fällen zu vermeiden, die oft breiten und dunklen oberflächlichen Venen vor die Meßöffnung zu bringen. Eine Verschiebung zum Ellenbogen hin bringt in jedem Falle eine Veränderung — zumeist eine Senkung — der Remissionswerte um erheblich mehr als 1 %, da zu den Gelenkbeugen hin die Pigmentanhäufung sowie die Venenzeichnung stärker sind.

3. Beide Handaußenflächen und Palmarflächen. Schließlich wurden noch zwei Stellen der Hände gewählt, und zwar zwischen Daumen und Zeigefinger an der Außenhand sowie die Palmarfläche. Letztere war besonders deshalb interessant, weil sie kein Melanin trägt, sondern weil ihre Farbe lediglich von Blut und Karotin gebildet wird. Nachteilig wirken sich hier allerdings die Furchen durch ihre verschiedenen Tiefen und andersartigen Färbungen aus.

Bevor die Meßfläche angelegt wird, muß die Haut gründlich vorbereitet werden. Die Versuchsperson darf nicht schwitzen oder frieren. Daß aus diesem Grunde der Untersuchungsraum eine behagliche Temperatur haben sollte, ist selbstverständlich (Vermeidung von Gänsehaut, Wärmerötung oder Schweißfluß). Die Haut selbst muß von ihrer Fettschicht und den kosmetischen Ablagerungen befreit werden. Besonders bewährt hat sich ein 30%iger Alkohol, mit dem man einen Wattebausch tränkt und die Haut sacht reinigt. Stärkerer Alkohol löst einen zu starken Kältereiz aus, schwächerer hat keinen so guten Säuberungseffekt. Heftiges Reiben ist der auftretenden Rötung wegen zu vermeiden.

Will man die gleiche Hautstelle immer wieder messen, so empfiehlt sich eine Tuschetätowierung. Mit einer Injektionsnadel, die in Chinesische Tusche getaucht wird, dringt man sanft unter bohrenden Bewegungen in die obere Hautschicht ein. Diese Prozedur ist zumeist schmerzlos. Das kleine entstehende Pünktchen

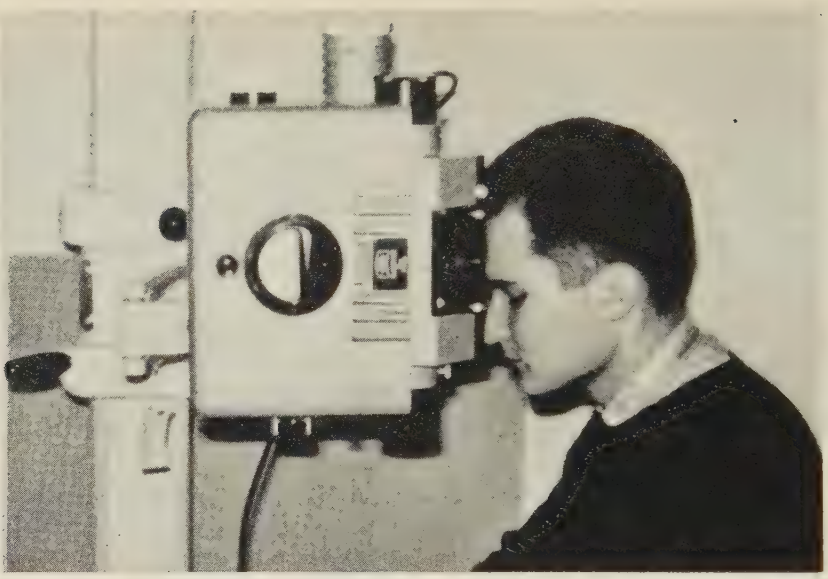

Abb. 4. Das Anlegen der Stirn am ELREPHO-Gerät.

Abb. 5. Die Handinnenfläche wird geprüft.

hält wochen- und monatelang und kann bequem in das Fadenkreuz des Einblickfensters am ELREPHO eingestellt werden.

Das Anlegen der Meßstellen an das Gerät. Die Untersuchungspersonen konnten dank der Drehung des Gerätes auf dem Stuhl sitzen-

bleiben. Handelt es sich um Verständige, so ist es angebracht, darauf hinzuweisen, daß sie für die kurze Dauer der Messung nicht zu wackeln und ihren Druck gegen das Gerät nicht zu ändern hätten, sonst muß man mit dem Auge ständig am Einblickfenster bleiben. Nun wird die Meßstelle an die Meßöffnung geführt; eine einwandfreie Kontrolle dieses Vorganges ist durch das Einblickfenster gewährleistet. Es muß darauf geachtet werden, daß Meßfläche und Meßöffnung in einer Ebene liegen. Beult sich die Haut etwas in das Meßloch ein oder liegt sie nicht dicht genug an, so ergibt sich eine Änderung der Remissionswerte. Das Ausmaß der Veränderungen läßt sich anhand eines Versuches mit einer Grautafel zeigen, die sich einmal 1 mm zu weit in der Meßöffnung befand, das andere Mal 1 mm zu weit davon entfernt war (Umgebung dabei weiß abgedichtet!). Es ergab sich, daß die Änderung im zweiten Falle größer war, und zwar betrug bei den einzelnen Filtern die Senkung der Werte 1,9—3,4 % gegenüber der normal angelegten Tafel. Im ersteren Falle ergab sich ebenfalls eine Senkung der Werte, jedoch nur zwischen 0,2 und 2,0 %.

Die Abb. 4 und 5 lassen erkennen, wie handlich die Arbeit mit dem von mir um 90° gedrehten Untersuchungsgerät ist. Durch das kleine Einblickfenster links der mittleren Zeigerskala in Abb. 4 kann die Meßfläche genau beobachtet werden, und zwar nicht nur, ob der richtige Bezirk anliegt, sondern auch, ob der Druck gegen die Meßöffnung normal oder zu stark ist. In letzterem Falle zeigt sich ein blasser peripherer Ring auf der Haut.

c) Meßversuche am ELREPHO-Gerät

Von April bis November 1960 wurden 146 Personen mit dem ELREPHO im Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Tübingen untersucht. Die Versuchspersonen, 77 Männer und 45 Frauen, waren zumeist Menschen deutscher, insbesondere württembergischer Abstammung. Bis auf geringfügige Abweichungen wurden jeden Monat die gleichen Personen untersucht. Außerdem wurden zu Vergleichsmessungen noch 24 Ausländer herangezogen (1 Amerikaner, 1 Äthiopier, 1 Grieche, 1 Japaner, 1 Jude/Bagdad, 4 Inder, 1 Singhalese, je 6 Neger aus Ghana und Nigeria und 2 Sudanesen).

Gemessen wurden — wie oben beschrieben — Stirn, beide Oberarme, die Handinnenflächen und die Handaußenflächen. Letztere eignen sich zur Auswertung nicht, da in den meisten Fällen ein planes Anlegen der Stelle nicht gewährleistet war, so daß in die gefundenen Werte die oben beschriebene Senkung der Remission bei Einbeulung der Meßfläche in die Meßöffnung Eingang gefunden hat.

Die Möglichkeiten der Darstellung von ELREPHO-Werten sind folgende:

1. Der Vergleich der prozentualen Remission, wie man sie vom Gerät ablesen kann (s. Tab. 1—6), ist übersichtlich, dabei zeitsparend. Wer Erfahrung im Lesen dieser Zahlen gewonnen hat, kann aus ihnen viel entnehmen, wie etwa das Vorliegen eines Erythems oder den ungefähren Melaningehalt (Abnahme des Remissionsgrades).
2. Die Einzeichnung dieser Werte in ein Koordinatensystem ergibt eine verkürzte spektrometrische Kurve, die nach Angabe der Firma Zeiss, mit einem plasti-

schen Kurvenlineal ausgezeichnet, bei einigem Geschick der echten Spektralkurve sehr nahe kommt (Abb. 1, S. 159).

3. Durch Umrechnung gewinnt man die drei eine Farbe charakterisierenden internationalen Farbwerte X/Y/Z, wobei Y den Wert für die Helligkeit bedeutet. Diese Werte gibt man am übersichtlichsten mit Hilfe der errechneten Zahlen an (Tab. 1—6).
4. Von diesen Farbwerten lassen sich schließlich die Farbwertanteile x/y/z herleiten, die man in die Normfarbtafel DIN 5033 mit der Mittelpunktsvalenz C (bezogen auf Tageslicht) eintragen kann (Abb. 9, S. 176). x bedeutet Farbton (grün, gelb etc.), y steht für Sättigung (viel oder wenig weiß). Die Farbwertanteile sind die Koordinaten eines Farbraumes, in dem jede einzelne Farbe ihren ganz bestimmten Ort einnimmt. (Sämtliche Umrechnungsformeln wurden von der Firma Zeiss geliefert.)

Die folgenden Tabellen 1—6 zeigen die Remissionswerte je dreier verschiedener Meßpunkte (Stirn, Oberarm innen rechts, Hand innen rechts) bei Männern und Frauen über sieben Monate hinweg.

Tab. 1. Remissionswerte (% R) der Stirnen bei Männern von April bis November 1960.

mμ n	April 31	Mai 62	Juni 62	Juli 45	Sept. 18	Okt. 47	Nov. 22
420	16,4	15,5	13,8	14,5	13,6	15,7	15,9
460	22,4	21,6	20,9	20,3	19,4	21,6	23,0
490	25,7	25,0	23,0	23,3	22,8	24,1	26,0
530	24,4	24,7	23,3	23,0	22,7	23,1	24,7
570	29,3	28,0	26,7	27,1	26,9	26,8	28,0
620	47,4	45,7	43,6	43,6	44,0	44,9	46,0
680	58,2	56,8	55,3	55,3	55,3	55,6	55,8
Farbwerte							
X	33,9	32,5	31,0	31,3	31,2	31,9	32,9
Y[1])	30,7	29,7	28,2	28,4	28,3	28,6	29,9
Z	24,8	23,9	23,0	22,6	21,5	24,0	25,4

[1]) Y = Helligkeit

Tab. 2. Remissionswerte (% R) der Stirnen bei Frauen von April bis November 1960.

mμ n	April 7	Mai 27	Juni 28	Juli 28	Sept. 18	Okt. 19	Nov. 20
420	18,7	18,3	17,4	18,2	17,1	18,5	19,3
460	24,7	24,9	23,6	24,7	23,2	24,9	28,0
490	28,9	28,0	27,3	28,1	26,7	28,5	30,2
530	27,0	28,2	27,4	28,2	27,3	28,0	28,9
570	31,6	32,4	30,9	32,3	30,6	31,3	32,8
620	50,0	49,5	49,0	48,8	46,7	48,9	50,2
680	59,3	59,3	58,9	58,9	57,6	59,0	59,9
Farbwerte							
X	36,7	37,4	35,4	36,4	34,7	36,0	37,2
Y	33,5	33,6	32,6	33,7	32,2	33,2	35,3
Z	27,7	27,7	26,3	27,5	25,9	27,8	30,5

Tab. 3. Remissionswerte (% R) der Oberarme innen rechts bei Männern von April bis November 1960.

mμ n	April 31	Mai 63	Juni 62	Juli 45	Sept. 18	Okt. 47	Nov. 23
420	22,8	25,0	24,0	24,4	23,1	23,0	23,4
460	32,1	33,8	33,0	33,7	32,2	31,7	32,9
490	36,8	38,6	37,1	38,0	36,0	34,6	37,0
530	37,8	38,7	37,4	38,1	36,3	35,1	35,5
570	41,6	41,6	40,6	41,0	38,4	37,5	38,4
620	54,4	54,1	53,2	54,1	52,1	51,8	52,3
680	59,7	60,0	59,3	60,5	58,4	59,1	58,6
Farbwerte							
X	42,9	43,4	42,0	43,2	41,2	40,5	41,5
Y	42,0	42,5	40,8	42,1	40,1	39,7	39,8
Z	35,5	37,7	36,4	37,2	35,5	34,8	36,2

Tab. 4. Remissionswerte (% R) der Oberarme innen rechts bei Frauen von April bis November 1960.

mμ n	April 7	Mai 27	Juni 28	Juli 28	Sept. 18	Okt. 19	Nov. 20
420	25,7	23,7	22,4	23,3	22,1	24,0	24,8
460	34,1	31,9	30,9	31,5	29,6	32,5	33,8
490	39,0	35,7	35,2	35,0	33,9	35,3	37,0
530	40,0	37,0	36,8	37,1	35,3	37,1	37,2
570	44,0	39,8	40,3	41,0	38,4	38,9	40,0
620	55,3	52,8	52,9	53,4	52,1	53,2	54,2
680	60,1	59,0	59,8	60,0	58,8	59,4	60,6
Farbwerte							
X	44,8	41,6	41,8	42,2	42,3	40,2	42,2
Y	47,0	40,6	40,8	41,2	39,3	40,4	41,1
Z	39,5	35,5	34,7	35,0	33,1	35,2	31,0

Tab. 5. Remissionswerte (% R) der rechten Handinnenflächen bei Männern von April bis November 1960.

mμ n	April 31	Mai 63	Juni 62	Juli 44	Sept. 18	Okt. 47	Nov. 23
420	14,1	14,9	14,6	15,9	14,3	15,3	15,7
460	21,6	22,8	23,1	23,3	22,2	23,9	24,7
490	26,6	27,5	27,4	27,7	26,2	27,7	28,7
530	25,1	26,2	26,3	27,2	25,0	25,9	27,0
570	29,2	29,6	29,9	30,1	27,9	29,0	30,3
620	45,6	45,8	46,2	46,1	44,8	46,1	47,4
680	53,3	53,4	53,6	53,5	52,4	53,6	54,8
Farbwerte							
X	33,2	33,6	33,7	33,8	32,2	33,6	34,8
Y	29,7	31,4	31,4	31,7	29,7	31,0	32,2
Z	23,7	25,1	25,2	25,6	24,2	26,0	26,9

Tab. 6. Remissionswerte der rechten Handinnenflächen bei Frauen von April bis November 1960.

mμ n	April 7	Mai 27	Juni 28	Juli 28	Sept. 18	Okt. 18	Nov. 19
420	16,9	16,4	17,2	16,2	16,2	17,9	18,8
460	25,6	25,3	26,1	26,0	25,3	26,9	28,0
490	30,1	29,5	31,2	30,1	29,3	30,7	32,0
530	29,0	28,4	30,1	29,7	28,1	29,4	30,3
570	32,6	31,8	32,9	32,5	31,4	31,8	32,7
620	48,3	47,6	48,9	48,0	48,2	48,2	49,6
680	54,6	54,6	55,8	54,6	55,1	55,4	55,2
Farbwerte							
X	36,1	35,3	36,9	36,1	35,2	35,8	37,0
Y	34,0	33,2	34,9	34,2	32,9	33,8	34,8
Z	28,1	27,3	28,7	28,2	27,5	29,4	30,6

Zu den Tabellen 1—6 ist folgendes auszuführen:

Es handelte sich bei den Untersuchten um Menschen zwischen 18 und 60 Jahren. Alle Personen besaßen eine gesunde Haut, d. h. es waren an ihr keine sichtbaren Schäden und Krankheiten festzustellen. Da diese Personen sich völlig freiwillig der Arbeit zur Verfügung stellten, ließen sich an sie keinerlei Bedingungen, sei es nutritiver oder anderer Art, stellen. Wenn jetzt die Ergebnisse erläutert werden, so sei darauf hingewiesen, daß nicht alles dabei grundsätzlich neu ist, zumal es sich um die Entwicklung einer Methode handelt, die zum Teil alte Aussagen bestätigt.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Tab. 1—6 fällt auf, daß die Werte der Männer jeweils tiefer liegen als die der Frauen, ein Umstand, der lediglich die Beobachtungen Edwards & Duntleys bestätigt, daß es in der Hautfarbe Geschlechtsunterschiede derart gibt, daß das Kolorit der Frauen heller ist als das der Männer.

Interessant ist vor allem der monatliche Verlauf der Remissionswerte der Stirn, da es sich hier um Hautstellen handelt, die das ganze Jahr über der natürlichen Belichtung ausgesetzt sind. Es fällt auf, daß die Schwankungsbreite in Tab. 1 bei Filter 420 mμ größer ist als in Tab. 2. Der größte Unterschied (April—September) beträgt bei den Männern 2,8 %, während er im gleichen Zeitraum bei den Frauen 1,6 % aufweist. Bis auf geringfügige Unregelmäßigkeiten (z. B. 570 und 620 mμ) finden sich bei den Männern im September die geringsten Remissionswerte für alle 7 Filter. Das gleiche ist bei den Frauen zu beobachten, wenngleich dort wie im 1. Filter in allen folgenden die Werte höher liegen als bei den Männern.

Bei der Spektrometrie von reinem Blut ergibt sich bei 460 mμ und 490 mμ ein Maximum in der Remissionskurve, bei 490 mμ sind die Werte durchweg etwas höher als bei 530 mμ, erst danach steigen sie wieder an (Edwards & Duntley). Auch in den Messungen an der Stirn läßt sich ein solcher Knick verfolgen, der von der Blutfarbstoffkomponente des Hautkolorits herstammt. Diese Beobachtung trifft allerdings nicht auf die Messung am Oberarm zu, wie aus den Tab. 3 und 4 er-

sichtlich wird, weil hier die Blutverteilung eine andere ist als in der Stirn. Die Handinnenflächen (Tab. 5 und 6) zeigen einen ähnlichen Kurvenverlauf wie die Tab. 1 und 2, weil die Blutverteilung der Handinnenfläche der der Stirn ähnelt.

Isoliertes Melanin reflektiert das ganze Spektrum entlang gleichmäßig ansteigend mit einem Maximum (im sichtbaren Bereiche) bei ca. 680 mμ (Edwards & Duntley). Eine Zunahme von Melanin ist gleichbedeutend mit einer Senkung der Remission, da mehr Strahlen absorbiert werden, und dies bedeutet somit Bräunung der Haut. Untersucht man daraufhin nochmals die Tab. 1—6, so zeigt sich für das Filter 680 mμ bei den Männern in Tab. 1 ein Abfall von 2,9 % (April—September), und danach wieder ein Anstieg um 1,5 % bis November. Bei den Frauen in Tab. 2,

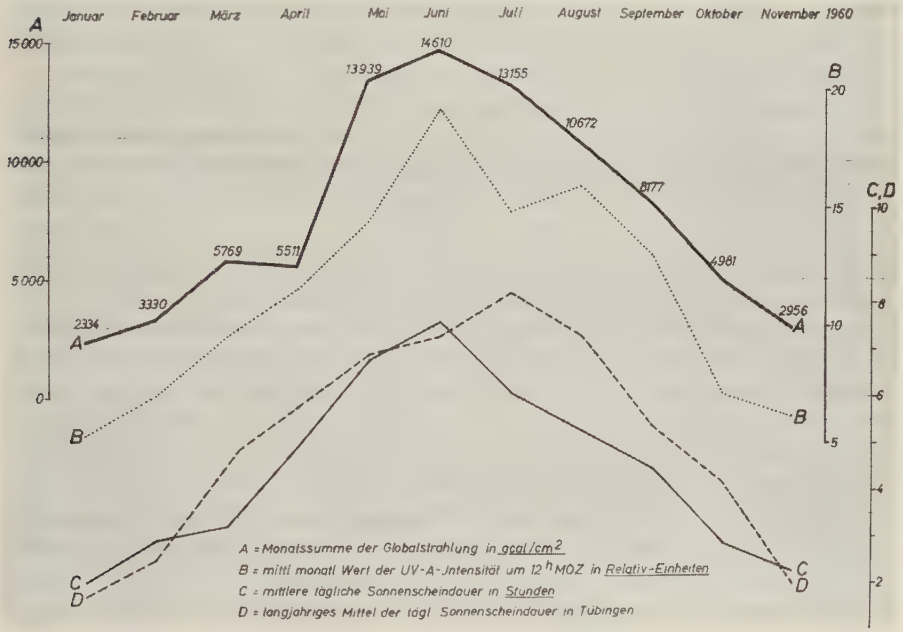

Abb. 6. Sonnenverhältnisse 1960 am Untersuchungsort Tübingen (nach K. Daubert, Med.-Meteorologische Forschungsstelle Tübingen des Deutschen Wetterdienstes). Beachte besonders die Kurve B, die etwas über die den Bräunungseffekt der Haut der Versuchspersonen bewirkende UV-Intensität aussagt. Die vorliegenden Daten dürften für den ganzen süddeutschen Raum Geltung haben.

wo die Werte etwas höher liegen, findet sich ein Abstieg von 1,7 % bis zum September (April—September) und danach wieder ein Anstieg um 2,3 % bis zum November. Auffallend dabei ist, daß die Distanz der Aprilwerte bei Filter 680 mμ zwischen Männern und Frauen 1,1 % beträgt, um dann im September auf 2,3 % zu steigen. Bei den Männern ist von April bis September ein rascher Abfall und bis November ein langsamer Anstieg zu beobachten, während bei den Frauen der Remissionsabfall der Stirn allmählich vor sich geht und die Werte wieder ansteigen. Der Gesamtverlauf der Remissionswerte zeigt sowohl in Tab. 1 als auch in Tab. 2 etwa durch alle Filter durchgehend ein Minimum nicht nur im September

(das größte), sondern schon im Juni. Dies wird verständlich, wenn man zum Vergleich die Karte aus Abb. 6 über die Sonnenverhältnisse am Untersuchungsort hinzuzieht. Die Kurve B (mittlerer monatlicher Wert der UV/A-Intensität um 12 Uhr mittlerer Ortszeit in Relativeinheiten) zeigt 2 Maxima: das erste im Juni, das zweite zwischen August und September.

Die Tab. 3 und 4, die die Remissionswerte vom rechten inneren Oberarm bei Männern und Frauen wiedergeben, lassen zwar mit ihren Werten auch eine gewisse Bewegung wie in Tab. 1 und 2 erkennen, jedoch mit viel geringeren Schwankungen. Durchgehend ist wieder festzustellen, daß die Werte der Frauen höher liegen als die der Männer. Die Schwankungen in den einzelnen Filtern von Monat zu Monat sind aber weit geringer als bei den Stirnen, da diese Stellen meist bedeckt und nie dem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Daß das Filter 680 mμ zwischen Juli und September doch größeren Abfall zeigt (Tab. 3: 2,1 %, Tab. 4: 1,2 %), mag auf die Bekleidungsverhältnisse in den Urlaubstagen zurückzuführen sein.

Die Tab. 5 u. 6 (rechte Handflächen innen) geben kaum Aufschluß über jahreszeitliche Veränderungen der Hautfarbe. Wieder liegen die Werte der Frauen höher als die der Männer; im Filter 680 mμ lassen sich aber keine Veränderungen feststellen. Dieses ist leicht verständlich, da die Handinnenfläche kein Melanin besitzt. So dürften sämtliche Schwankungen blutzirkulatorische Ursachen haben und eventuell auch auf Veränderungen des Karotingehalts zurückzuführen sein. Es wurde schon erwähnt, daß die Handinnenfläche als Meßobjekt problematisch ist, da sie häufig nicht plan an die Meßöffnung angelegt werden kann, und da zum anderen auch Verunreinigungen und Inkrustationen der Hornhaut das Meßergebnis beeinträchtigen können. Zudem ist die Vasomotorik der Hand als Arbeitsorgan so ausgeprägt, daß schon von daher ein dauernder Wechsel zu erwarten ist.

d) Nebenversuche mit dem ELREPHO-Gerät

Wirkung von Vitamin C auf die Pigmentsynthese. Szent Györgyi konnte im Reagenzglas zeigen, daß die mit dem Vitamin C identische l-Askorbinsäure die Dopa-Reaktion in der Melaninsynthese zu hemmen vermag (s. Näheres bei Schade (20)). Auch sind aus der pathologischen Physiologie einige Beispiele bekannt, wo Gaben von Vitamin C-reichen Nahrungsmitteln wie Obst und Gemüse bei krankhaften Melaninpigmentierungen eine Aufhellung bewirkten. Den ersten positiven Versuch am Gesunden unternahm H. Schade, als er die unterschiedliche Erythem- und Pigmentierungsbereitschaft vor und nach Vitamin C-(Cebion)Gaben an der Haut feststellte.

Da sich bei meinen Versuchen die merkwürdige Aufhellung bzw. Erhöhung der Remissionswerte am Oberarm von April auf Mai nicht erklären ließ, es sei denn durch eine von der Frischgemüse- und Salatsaison provozierte Vitamin C-Wirkung, unternahm ich einen Doppelversuch mit Redoxon in hohen Dosen, um etwa das Ausmaß der Bleichwirkung zu erfahren. Der Versuch lief über zwei Monate, alle zehn Tage etwa fand eine Messung statt. Gegeben wurde die ersten 6 Wochen 1 g Redoxon/die oral. Grundsätzlich war bei beiden Versuchspersonen (1 Mann und 1 Frau) die Wirkung in der erwarteten Weise gleich. Es muß dazu gesagt werden, daß beide Versuchspersonen zu den am stärksten Pigmentierten gehörten. Es fanden sich die in Tab. 7 niedergelegten Werte.

Tab. 7. Farbwerte der Stirn unter Vitamin C-Einfluß (vom 7. X. bis 27. X. und vom 5. XI bis 6. XII. 1960 wurde Redoxon gegeben).

	7. X.	17. X.	27. X.	5. XI.	17. XI.	6. XII.	13. XII.
X	28,2	30,2	32,0	31,7	31,6	33,9	31,3
Y	25,4	27,2	29,4	28,2	28,9	31,2	28,6
Z	17,9	19,6	22,2	21,8	22,5	23,2	22,6

Es zeigt sich eine deutliche Erhöhung der Werte unter der Vitamin C-Gabe, die sofort beim Absetzen sistiert. (Vitamin C wird nicht wesentlich gespeichert!) Die Senkung der Zahlen tritt ein, obgleich es sich um sonnenarme Jahreszeit handelt, sogar nach dem erneuten Absetzen im Dezember. Der Versuch soll auch darauf aufmerksam machen, wie nutritive Ernährungseinflüsse auf die Hautfarbe wirken können. Allbekannt ist ja die Möhrensaftveränderung.

Seitenunterschiede. Zum Vergleich mit der rechten wurde auch die linke obere Extremität gemessen. Die Fahndung nach etwaigen Seitenunterschieden verlief negativ. Theoretisch hätte man annehmen müssen, daß die Arbeitsseite mehr durchblutet ist und deshalb andere Werte liefert. Das Mißgeschick wollte, daß sich unter meinen Probanden nur zwei echte Linkshänder befanden, bei denen jedoch auch keine zwingenden Unterschiede in den Meßergebnissen vorlagen. Natürlich zeigen beide Seiten nicht haargenau die gleichen Werte auf. Aber auch die Tendenz war nicht eindeutig. So wertete ich alle diejenigen getrennt aus, die ein Streichinstrument mit einiger Liebe spielten, so daß sie zumindestens als potentielle oder praktizierende Linkshänder in Frage kämen. Aber auch diese Unterscheidung trug keinerlei Frucht.

Altersunterschiede. Um etwas zu der Frage der Einwirkung von Geschlechtshormonen bei der Hautpigmentierung beizusteuern, untersuchte ich die im Mai gemessenen Frauen getrennt nach klimakterischen und nicht-klimakterischen (s. Tab. 8). Erstere Gruppe umfaßte 9, letztere 18 Frauen; die Grenze lag bei einem Alter von 50 Jahren.

Tab. 8. Remissionswerte (% R) der Stirn im Mai von 27 Frauen, getrennt nach klimakterisch und nicht-klimakterisch.

	klimakterisch	nichtklimakterisch
X	35,7	37,9
Y	32,0	35,7
Z	25,8	28,7

Ein Unterschied scheint ganz offensichtlich vorzuliegen. Die allgemeine hormonale Umstellung der Frau in dieser Zeit des Klimakteriums und danach könnte auch auf dem Gebiet der Hautfarbe eine Vermännlichung bewirken, denn die obigen Werte liegen nahe bei denen für die Männer im April. Dabei ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß es sich bei den Frauen der 1. Gruppe ausschließlich um solche handelte, die sich wenig in der frischen Luft bewegten.

Bei den Männern ließen sich derartige etwa altersbedingte Unterschiede nicht herausfinden, obgleich eine Gruppe der über 50jährigen mit einer Gruppe von Studenten verglichen wurde.

Remission in Abhängigkeit von der Hautdurchblutung. Zwei Versuche erhellen sehr deutlich das Gesagte über die Wirkung von Erythemen auf die Meßergebnisse: Der linke Oberarm sowie die linke Handinnenfläche wurden gemessen und sodann mit einer harten Bürste einige Zeit gerieben, bis das Blut anfing, aus der Haut auszutreten (s. Tab. 9 und Abb. 7).

Nach dem Reiben kommt das vom Blutfarbstoff verursachte Maximum der Remission zwischen 460 und 490 mμ sehr deutlich zur Geltung. Obwohl bei Arm und Hand dieselbe Intensität im Reiben aufgebracht wurde, sind die Unterschiede

Tab. 9. Veränderung der Remissionswerte (% R) bei Veränderung der Hautdurchblutung, vor und nach Reiben der Haut.

	Oberarm		Hand	
	vor	nach Reiben	vor	nach
mμ	% R	% R	% R	% R
420	21,7	9,7	14,5	9,7
460	29,2	19,5	22,2	19,2
490	34,2	24,2	27,5	23,8
530	35,5	19,0	26,2	21,5
570	38,5	24,2	26,2	24,8
620	52,0	50,0	47,2	46,0
680	58,5	60,0	55,5	55,5
Farbwerte				
X	41,0	30,8	33,4	30,7
Y	39,8	27,3	31,5	27,6
Z	34,6	20,6	24,5	20,7

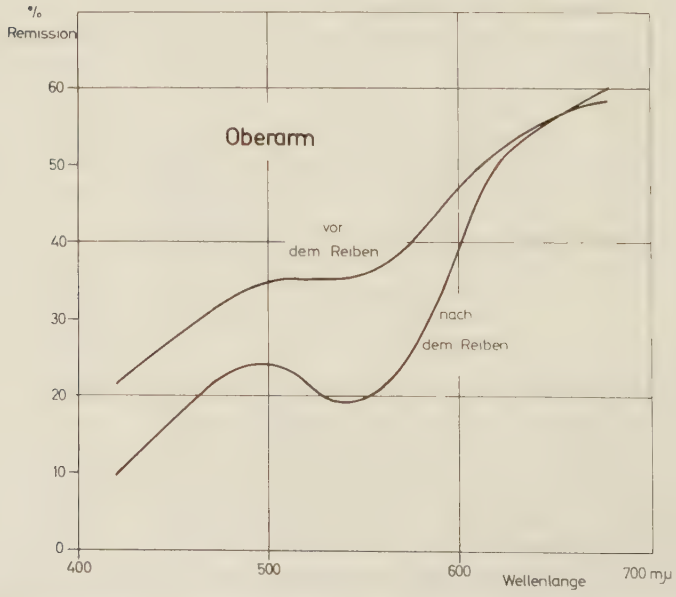

Abb. 7. Veränderung der Remissionswerte bei Veränderung der Hautdurchblutung (vgl. hierzu Tab. 9).

bei der Hand nicht derart hervorstechend. Daran mag der schon mehrfach erwähnte Umstand schuld sein, daß die Hand ein sehr gut durchbluteter Körperteil ist, so daß die Blutfülle nicht in dem Maße gesteigert werden kann, wie dies beim Arm der Fall ist.

Objektivierung der Täuschung mit Farbtafeln. Im Anfang wurde schon darauf hingewiesen, wie schwer die Entscheidung oft fällt, wenn man eine der alten Farbtafeln an die Haut anlegt, um damit das Hautkolorit auf dem Wege des visuellen Vergleichs zu ermitteln. Zu Vergleichsmessungen der Haut und

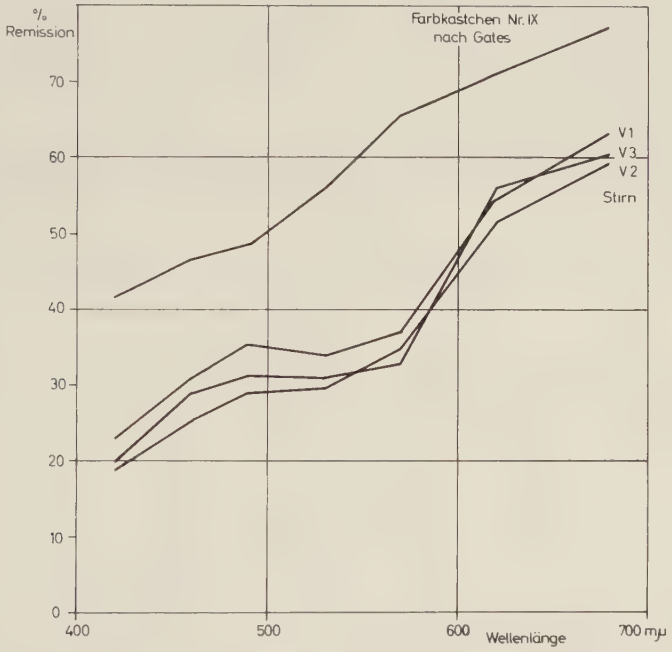

Abb. 8. Remissionsvergleich von drei Stirnen, die durch Farbkästchen Nr. IX von Gates (rosa-fleischfarben) charakterisiert sind mit dessen spektrometrischer Kurve.

ihres jeweils entsprechenden Farbkästchens mit dem ELREPHO gebrauchte ich ebenfalls diese alten Methoden und bediente mich der Tafeln von F. v. Luschan, B. K. Schultz und R. R. Gates. Wegen der Kleinheit der einzelnen Farbfelder war es jedoch nicht möglich, die ersten beiden unter das ELREPHO zu bringen. Nur die Gates-Tafel gestattete einen derartigen Vergleich, der nachfolgend recht deutlich aussagt, wie sehr abweichend die Einstufung mit dem Auge sein kann. Die Vergleiche der Farbtafel mit der Stirn wurden bei einer Tageslichtlampe vorgenommen.

Die Abb. 8 bringt die Remission eines Farbkästchens von Gates (rosa-fleischfarben). Daneben sind die Kurven von drei Stirnen zu sehen, die nach visuellem Ermessen unbedingt durch dieses charakterisiert schienen. Es zeigt sich aber, daß sich die Tafel in ganz anderen Remissionsbereichen bewegt, daß auch ihr Verlauf nur oberflächlich mit dem der Stirnen übereinstimmt. Ist dieser Versuch bei einer

Standardbeleuchtung abgewickelt worden, wie viel falscher müssen dann Ergebnisse werden, die das Licht der Umgebung gar nicht erst berücksichtigen!

Die Wirkung von Pharmaka auf das Meßergebnis. Die folgenden Versuche sind — wenn man so will — experimenteller „Abfall", wie er sich bei der Suche nach Methodik zwangsläufig einstellt. Sie wurden mit jeweils nur einer Versuchsperson durchgeführt, weshalb sie quantitative Schlüsse nicht zulassen. Wenn ich sie dennoch einfüge, so deshalb, weil sie mir zumindest als Hinweise dienlich erscheinen, wo sehr leicht vermeidbare Fehlerquellen für das Meßergebnis verborgen sein können. Zwei allgemein konsumierte Pharmaka sind das Coffeïn im Kaffee und das Nikotin in der Zigarette und in anderen Rauchwaren. Von diesen organischen Verbindungen ist bekannt, daß sie eine gefäßaktive Wirkung entfalten können. Dabei besitzt das Nikotin gleich dem Coffeïn eine vasokonstriktorische Komponente — vorzugsweise in Ruhegebieten des Körpers.

Zwei Versuche zeigen etwas von dem Gesagten: Eine Studentin, die für gewöhnlich wenig raucht, inhalierte eine Filterzigarette, nach 5 Minuten erfolgte eine Messung; dann nahm sie eine zweite Zigarette, und nach 5 Minuten wurde erneut gemessen.

Tab. 10. Veränderung der Remissionswerte nach Nikotin, gemessen an der Stirn 5 Minuten nach dem Rauchen.

mμ	normal %R	1. Zigarette %R	2. Zigarette %R
420	12,0	12,0	12,3
460	18,7	18,9	19,3
490	21,8	22,1	23,8
530	19,6	21,2	22,8
570	23,9	24,7	28,7
620	40,4	41,2	43,9
680	59,2	59,1	60,3

Die Erhöhung aller Werte nach rechts ist nicht von der Hand zu weisen. Gewiß ist dies eine Folge einer Blutverteilungsänderung im Sinne eines vasokonstriktorischen Effektes.

Der Kaffeeversuch wurde mit lauem Getränk (zwei kleine Tassen) ausgeführt, um eine Erhitzung des Körpers durch die Wärme des Kaffees zu vermeiden. Die Werte der Stirn sehen folgendermaßen aus:

Tab. 11. Veränderung der Remissionswerte nach Coffeïn, gemessen nach 15 Minuten an der Stirn.

mμ	normal %R	nach 2 Tassen Kaffee %R
420	12,4	11,1
460	19,8	17,0
490	23,2	20,9
530	23,3	19,0
570	27,7	22,6
620	42,4	40,4
680	57,8	56,3

Eine ähnliche, wahrscheinlich noch stärkere Wirkung würde der Alkohol hervorrufen. (Man denke an die Gesichtsrötung der meisten Alkoholiker!) Auf solche Dinge muß man sein Augenmerk ebenfalls richten, da das ELREPHO sehr unbestechlich arbeitet.

Schließlich sei noch gezeigt, wie sehr Fettbeläge der Haut das Ergebnis beeinträchtigen. Der Oberarm wurde ganz sparsam mit etwas Niveacreme belegt.

Tab. 12. Veränderung der Remissionswerte bei Fettbelag der Haut, gemessen am Oberarm.

	mμ	420	460	490	530	570	620	680
normal	%R	11,6	20,3	24,9	26,3	31,4	41,8	55,5
gefettet	%R	15,2	23,9	28,5	29,7	35,6	45,5	59,2

Fett verringert die Absorption und vergrößert die Remission. Es ist darum wichtig, die erläuterte Reinigung mit Alkohol vorzunehmen.

Wirkung von körperlicher Anstrengung. Abgesehen von störender Schweißbildung, die vorhergehenden Effekt begünstigt, ändert sich bei körperlichen Anstrengungen (Kniebeugen) die Blutverteilung im Sinne kollateraler Blutverschiebung in die Arbeitsgebiete.

Tab. 13. Veränderung der Remissionswerte an der Stirn nach körperlicher Anstrengung.

	mμ	420	460	490	530	570	620	680
normal	%R	14,1	20,6	23,9	23,7	27,1	44,3	54,6
nach 100 Kniebeugen	%R	13,3	18,9	22,3	21,8	25,1	43,3	55,1

Diese Veränderungen zeigen, daß man die Untersuchung am verhältnismäßig gut ausgeruhten Menschen vornehmen sollte.

Darstellung der Farbwertanteile im Farbraum. Es wurde schon oben darauf hingewiesen, daß es möglich ist, aus den Farbwerten X/Y/Z die Farbwertanteile x/y/z zu errechnen und graphisch in der Normfarbtafel DIN 5033 darzustellen. Für vorliegende Arbeit ist diese Methode weniger einprägsam gewesen, der Vollständigkeit halber aber soll anhand der Stirnen je eines Europäers, Japaners, Negers und Inders auch diese Darstellungsart demonstriert werden.

Tab. 14. Zahlenmäßiger Vergleich der Farbwerte und Farbanteile an der Stirn von 4 Versuchspersonen verschiedener Rassen (vgl. hierzu Abb. 9).

	Europäer	Japaner	Neger	Inder
Farbwerte				
X	34,7	28,1	13,3	21,9
Y	30,9	15,9	12,0	19,5
Z	20,9	19,1	6,9	9,4
Farbwertanteile				
x	0,40	0,38	0,41	0,43
y	0,36	0,35	0,37	0,38
z	0,24	0,27	0,21	0,19

Es ist auch möglich, die in Abb. 9 verwendete Farbraumkarte durch eine farbige zu ersetzen und so einen adäquaten Eindruck der Hautfarbe zu erhalten, wie sie durch die Farbwertanteile bestimmt ist.

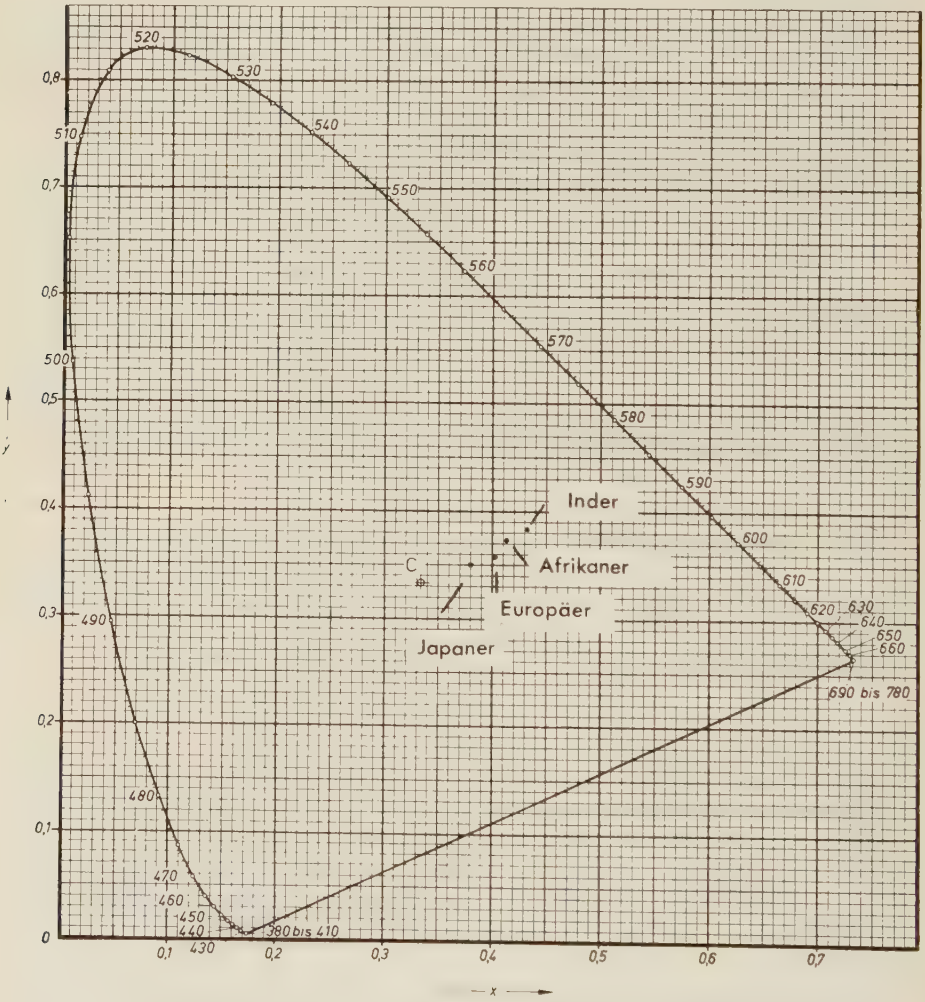

Abb. 9. Remissionswerte an den Stirnen von Angehörigen verschiedener Rassen, eingetragen in die Normfarbtafel nach DIN 5033.

e) Meßgenauigkeit des ELREPHO-Geräts

Die Schwankungsbreite bei Messungen derselben Probe hintereinander wird von der Firma Zeiss mit unter 0,1 % angegeben. Tatsächlich läßt sich der gleiche Wert mehrmals bei toten Objekten reproduzieren. Handelt es sich aber um belebte Untersuchungsobjekte, so kann man natürlich eine derart exakte Wiederholbarkeit nicht verlangen, da sich die Hautfarbe durch psychologische und andere Einwirkungen ständig im Fluß befindet. Immerhin ließ sich bei einer Vielzahl von Per-

sonen die Schwankung unter 1 % halten. Es ist nur wesentlich, daß man die Untersuchten nicht ermüden läßt, nicht ablenkt und sie vor der Messung auf die Wichtigkeit ihrer Mitarbeit aufmerksam macht.

3. Versuche mit dem Farbfilm

Nebenbei sei noch eine andere, parallel laufende Versuchsreihe erwähnt, obgleich oder gerade weil sie zu keinerlei Erfolgen führte. Es drängte sich geradezu die Idee auf, den Farbfilm der Hautfarbenmessung nutzbar zu machen. Versuche solcher Art sind bislang nicht beschrieben. Eine Leica-Kamera erhielt nach den Konstruktionsvorschlägen von Doz. Dr. H. Fleischhacker einen geschlossenenen vierkantigen Vorsatz, in den seitlich im Winkel von 45° ein Blitzlicht (kleine Braun-Batterie) einleuchtete, so daß das Hautstück vom Außenlicht unbeeinflußt blieb. Als Film wählte ich das wegen seiner gleichmäßigen Emulsion gepriesene Fabrikat der Firma Kodak. Die Bilder zeigten aber nicht das gewünschte Gleichmaß an Belichtung, obwohl der Innenteil des Vorsatzes weiß angestrichen war. Daraufhin baute die Firma Kodak, Stuttgart, einen offenen Vorsatz; der Blitz war ebenfalls im Winkel von 45° angebracht; die kurze Belichtung von $^1/_{25}$ schaltete das Tageslicht aus, so daß ebenfalls nur die Leuchte wirksam werden konnte. Die Konstruktion gewährleistete eine Aufnahme im Verhältnis von 1 : 1, was für die Farbwiedergabe von Bedeutung ist. Photographiert wurden auch die gleichen Stellen, die auch mit dem ELREPHO untersucht wurden, also Stirn, Oberarm innen, Hand innen und anstelle der äußeren Hand noch die Außenseite des Unterarms.

Auf Vorschlag der Firma Kodak wurde, um Emulsionsunterschiede von Film zu Film rechnerisch ausgleichen zu können, bei jedem Bild eine Grauskala mit aufgenommen. Die Bilder gelangen sehr schön und scharf, jedoch hatte alle, trotz vorheriger Alkoholbehandlung der Haut, einen Fettglanz. Zur Auswertung diente ein sogenanntes Densitometer der Firma Kodak. Dies arbeitet nach dem Vergleichsverfahren, dem einfachsten der drei möglichen Farbmeßmethoden: durch drei Filter — rot, grün, blau — wird das von einer Lampe durchleuchtete Dia betrachtet und mit Hilfe eines Skalenrades Farbgleichheit zwischen einem gegebenen Umfeld und dem variablen Zentrum hergestellt. Das bedeutet aber eine Rückkehr zu den subjektiven Methoden der Farbtafeln, wenngleich der Gesamtvorgang komplizierter und teurer ist. Tatsächlich ergaben sich auch bei der Auswertung der Dias durch verschiedene Personen größtenteils verschiedene Werte, die im Rot- und Grünfilter geringer, im Blaufilter desto größer waren. Obwohl das Auge auf Dunkelkammerbeleuchtung akkommodiert war, blieb es zumeist unmöglich, die Verhältnisse beim Blaufilter aufzuklären.

Da die Filtereigenschaften nicht erfahrbar waren, fiel auch ein Vergleich mit den Ergebnissen aus der ELREPHO-Messung weg. (Es wäre ohnehin wegen der Unterschiede in der spektralen Energieverteilung beider Lichtquellen unmöglich gewesen.) Schließlich zeigten sich aber schon bei diesen groben Auswertungen große Unterschiede in der Farbwiedergabe gleicher Hautstellen von Film zu Film.

So wünschenswert besonders für die Arbeit im Gelände die Etablierung des Farbfilms für die Hautfarbenmessung wäre, so sehr ist beim gegenwärtigen Stand seiner Technik davon abzuraten, ihn heranzuziehen. Verschiedene Fabrikate haben

verschiedene Farbeigenschaften, verschiedene Filme gleicher Firmen haben ungleiche Emulsionszusammensetzungen. Auch die zu jedem Zeitpunkt gleiche Zusammensetzung der Entwicklerlösung muß in Frage gestellt werden. Mögen diese negativen Ergebnisse aber doch vielleicht Anregung zu weiterem Suchen auf diesem Wege sein!

IV. Zusammenfassung

Eine Hautfarbenmessung, die Anspruch auf wissenschaftliche Exaktheit erhebt, kann heute nur noch mit objektiven Methoden durchgeführt werden. Dafür bietet sich der Weg der Spektrometrie an, bzw. der Weg der Spektrophotometrie. Besonders geeignet sind Apparate, die nach dem Helligkeitsverfahren (Vergleich der Helligkeit verschiedener Farben) arbeiten, da sie billiger im Preis und in der Handhabung sind als solche, die nach dem Spektralverfahren arbeiten.

Unter allen bisher bekannten und beschriebenen scheint nach meinem Dafürhalten das ELREPHO von der Firma Zeiss/Oberkochen das geeignetste zu sein. Dieses hat gegenüber anderen Geräten folgende Vorteile:

1. Es besitzt z w e i Photozellen in Differenzschaltung und ist dadurch vollständig unbeeinflußbar durch Stromschwankungen im Netz.
2. Es verfügt über eine Meßgeometrie, die allein den Oberflächenverhältnissen der Haut Rechnung trägt. Durch die Ulbrichtsche Kugel und die abgeschirmten Lampen wird die Probe nur diffus beleuchtet.
3. Die Filter sind von hoher Güte und besitzen eine sehr geringe Halbwertsbreite und damit ein beträchtliches Auflösungsvermögen.
4. Die Meßgenauigkeit ist sehr hoch (Abweichungen bei unbelebten Proben unter 0,1 %).
5. Die diesem Gerät entnommenen Ergebnisse können innerhalb des CIE-Systems international diskutiert werden.
6. Die von den einzelnen Remissionswerten gewonnene Kurve entspricht mit großer Näherung der echten spektrometrischen Kurve.
7. Das Gerät läßt sich leicht handhaben, arbeitet sehr schnell und ist außerordentlich robust. Durch seine Trockenvorrichtung kann es in den Tropen benützt werden.

Der Nachteil, daß man dieses Gerät nicht so einfach wie Farbtafeln transportieren kann, versteht sich von selbst.

In Einzelversuchen konnte folgendes festgestellt oder bestätigt werden:

1. Es gibt Geschlechtsunterschiede in der Hautfarbenverteilung dergestalt, daß die Frauen allgemein größere Remissionen erzielen als die Männer, d. h. heller sind.
2. An den oberen Extremitäten treten keine Rechts-Linksunterschiede auf.
3. Vitamin C hat einen bleichenden Effekt.
4. Bei Frauen verschiedener Altersstufen treten (hormonal bedingte?) Farbunterschiede auf.
5. Bei Männern lassen sich keine altersbedingten Unterschiede finden.
6. Die Handinnenflächen nehmen nicht an den Farbänderungen der anderen Meßpunkte teil.
7. Körperliche Anstrengungen und

8. mechanische Reizung können die Ergebnisse der Messung verändern.
9. Pharmaka und Genußmittel (Nikotin, Coffein) können die Hautfarbe (besonders im Rotbereich) verändern.

Die von mir gemachten Erfahrungen mit dem ELREPHO bei Reihen- und Einzeluntersuchungen veranlassen mich, der Anthropologie dieses Gerät zu empfehlen.

V. Literatur

1. Barnicot, N. A., 1958: Reflectrometry of the skin in southern Nigerians and in some Mulattoes. — Hum. Biol. **30,** 150—160.
2. Buchwald, E., 1957: Fünf Kapitel Farbenlehre. 2. Aufl. — Physik-Verl., Mosbach/Baden.
3. Büchi, E. C., 1957/58: Eine spektrometrische Untersuchung der Hautfarbe von Angehörigen verschiedener Kasten in Bengalen. — Bull. Schweiz. Ges. Anthrop. Ethnol. **34,** 7—8.
4. Bohnstedt, R. M., 1960: Dermatologie. — 263 S. Troponwerke, Köln-Mülheim.
5. Edwards, I. A., & Duntley, S. Q., 1939: The pigments and color of living human skin. — Am. J. Anat. **65,** 1—33.
6. Gates, R. R., 1952: Studies of interracial crossing I. Spectrophotometric measurements of skin color. — Hum. Biol. **24,** 25—34.
7. Harrison, G. A., & Owen, J. J. T., 1956/57: The application of spectrophotometry to the study of skin color inheritance. — Acta Genet. Stat. Med. **6,** 481—484.
8. Hauschild, F., 1960: Pharmakologie und Grundlagen der Toxikologie. 2. Aufl. — Thieme, Leipzig.
9. Heite, H. J., & Weber, G., 1957: Methodischer Beitrag zur Pigmentierungs- und Erythemmessung der Haut. — Arch. f. Klin. Exper. Dermatol. **204,** 327—339.
10. Höfert, H. J., 1957: XYZ im Reiche der Farben. — Zeiss, Werkzeitschrift Nr. 24, 37—44.
11. Kortüm, G., 1955: Kolorimetrie, Photometrie und Spektrometrie. 3. Aufl. — Springer, Berlin.
12. Lasker, G. W., 1954: Photoelectric measurement of skin color in a Mexican mestizo population. — Am. J. Phys. Anthrop. **12,** 115—121.
13. Lecher/Schreiber/Seidel, 1954: Lehrbuch der Physik. — 11. Aufl. Aufbauverlag, Berlin.
14. Lequèbe, A., 1961: Contribution à l'étude de la pigmentation chez l'homme. 1ère part. — Bull. Inst. Sci. Nat. Belg. **37,** 1—29.
15. Lorincz, A. L., 1954: Skin color. — In: Rothmann, St., "Physiology and biochemistry of the skin". — Univ. of Chicago Press. S. 516—520.
16. Lullies, H., 1958: Physiologie. **2.** — Troponwerke, Köln-Mülheim.
17. Martin, R., Saller, K., 1957—1964: Lehrbuch der Anthropologie. — Fischer, Stuttgart.
18. Memmesheimer, A. M., 1931: Die Methoden zur Bestimmung der Hautfarben. — Zbl. f. Haut- u. Geschlechtskrankh. **36,** 5—11.
19. Rein, H., & Schneider, M., 1960: Physiologie des Menschen. 13./14. Aufl. — 765 S. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg.
20. Schade, H., 1933/34: Beitrag zur Frage des Einflusses von Vitamin C auf Pigmentierungsvorgänge. — Klin. Wochenschr. **14,** 1934.
21. Schmitz, E., 1958: Lehrbuch der chemischen Physiologie. — Barth, Leipzig.
22. Schultze, W., 1958: Einige Farbmessungen nach dem Helligkeitsverfahren mit dem Zeiss-ELREPHO. — Die Farbe **7,** 57—64.

23. Seitz, E. O., 1948: Ultraviolette Strahlen.
24. Stoeckel/Lax, 1960: Lehrbuch der Gynäkologie. — Hirzel, Leipzig.
25. Thomson, M. L., 1955: Relative efficiency of pigment and horny layer thickness in protecting skin of Europeans and Africans against solar ultraviolet radiation. — J. Physiol. **127,** 236—246.
26. Tronnier, H., 1957: Methodische und apparative Gesichtspunkte zur Messung menschlicher Hautfarbe. — Strahlentherapie **104,** 3—12.
27. Weiner, J. S., 1951: A spectrophotometer for measurement of skin color. — Man **51,** 152—153.

Gute technische Hinweise boten Prospekte der Firmen:
Evans Electroselenium Ltd., Essex: Reflectance spectrophotometer.
Kodak AG. Stuttgart-Wangen: Densitometer.
Zeiss, Carl, Oberkochen/Württ.

Lebenslauf

Ich, Erhard Müller, wurde am 20. September 1939 in Freital bei Dresden in landwirtschaftlichen Verhältnissen geboren. Von 1949—1955 besuchte ich als Knabenchorist das Gymnasium des Dresdner Kreuzchors. Bis zum Abitur 1957 war ich Schüler des naturwissenschaftlichen Gymnasiums in Aachen, danach studierte ich Medizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen, wo ich 1963 das Staatsexamen ablegte. Seit 1963 studiere ich am gleichen Ort Philosophie und Theologie.